



Prévenir les désordres,
améliorer la qualité
de la construction

PÔLE
OBSERVATION

Dispositif REX
Bâtiments
performants

AMÉLIORATION DE LA PERFORMANCE THERMIQUE DU BÂTI ANCIEN 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



SOMMAIRE

Avertissement	3
PARTENARIAT AQC / EKOPOLIS	3
L'AQC ET LE DISPOSITIF REX BÂTIMENTS PERFORMANTS.....	4
Présentation générale.....	4
Fonctionnement du dispositif	4
Quelques chiffres.....	5
LE CENTRE DE RESSOURCES EKOPOLIS.....	7
AMÉLIORATION DE LA PERFORMANCE THERMIQUE : QUELLE APPROCHE SPÉCIFIQUE AU BÂTI ANCIEN ?	9
12 ENSEIGNEMENTS CLÉS TIRÉS DES RETOURS D'EXPÉRIENCES.....	11
1 Assurer l'étanchéité à l'air des anciens conduits.....	12
2 Créer ou aménager des espaces tampon	13
3 Isoler les parois au contact des volumes intérieurs non-chauffés	14
4 Isoler les soubassements et traiter les ponts thermiques des nez de dalles.....	15
5 Isoler dans l'épaisseur les éléments creux	16
6 Isoler les murs de refend et les planchers pleins	17
7 Désolidariser de la façade les murs de refend, cloisons et planchers	18
8 Traiter les éléments ponctuels encastrés dans la façade	19
9 Isoler les parties du bâtiment sur l'héberge	20
10 Recourir à des enduits ayant des propriétés isolantes	21
11 Isoler par l'extérieur en utilisant des matériaux nouveaux imitant l'existant.....	22
12 Créer une deuxième enveloppe pour conserver les façades existantes	23
CONCLUSION	24
EN SAVOIR PLUS	25

AVERTISSEMENT

Ce document contient la description d'événements relevés lors d'une enquête. Il ne reflète que l'expérience issue de l'échantillon d'opérations visitées. C'est donc un retour partiel à partir duquel aucune extrapolation statistique ne peut être réalisée.

Ce document propose également un ensemble de bonnes pratiques qui sont issues de l'expérience des acteurs rencontrés sur le terrain ou de celle des spécialistes qui ont participé à ce travail.

En aucun cas ces bonnes pratiques ne peuvent se substituer aux textes de référence concernés.

PARTENARIAT AQC/EKOPOLIS

Ce rapport est le fruit d'une collaboration entre l'AQC et Ekopolis. Il a été réalisé grâce au soutien financier du programme PACTE et de l'ADEME. Les informations qu'il contient proviennent des retours d'expériences collectés via le Dispositif REX Bâtiments performants conçu et développé par l'Agence Qualité Construction.

Il a pour but de présenter 12 enseignements majeurs concernant l'amélioration de la performance thermique du bâti ancien. Le choix de ces enseignements s'est fait en fonction de la récurrence des constats observés au sein de l'échantillon, de leur gravité et de l'appréciation des spécialistes du sujet qui ont participé à ce travail.

L'AQC ET LE DISPOSITIF REX BÂTIMENTS PERFORMANTS

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Sous l'impulsion des objectifs de la transition énergétique, le secteur du bâtiment s'est engagé dans une mutation importante qui bouleverse les logiques et les habitudes du passé. Comme dans tous les domaines, ces changements impliquent une montée en compétences des acteurs, qui passe par l'expérimentation. Cette étape, indispensable pour progresser, est cependant naturellement génératrice d'écueils.

L'AQC se devait donc de capitaliser et valoriser ces retours d'expériences pour s'en servir comme des leviers d'amélioration de la qualité. C'est dans cet esprit que le Dispositif REX Bâtiments performants accompagne, depuis 2010, l'ensemble des acteurs de l'acte de construire en les sensibilisant sur les risques émergents induits par cette mutation de la filière Bâtiment.

Ce dispositif consiste concrètement à capitaliser des retours d'expériences en se basant sur l'audit *in situ* de bâtiments précurseurs allant au-delà des objectifs de performances énergétiques et environnementales et sur l'interview des acteurs qui ont participé aux différentes phases de leur élaboration.

Le partage des expériences capitalisées est au cœur du mode opératoire. Après une étape de consolidation et d'analyse des données, les enseignements tirés sont valorisés pour permettre l'apprentissage par l'erreur. Cette valorisation s'attache également à mettre en valeur les bonnes pratiques.

FONCTIONNEMENT DU DISPOSITIF

COLLECTE SUR LE TERRAIN

ÉTAPE A

- Interview *de visu* et *in situ* d'acteurs précurseurs de constructions performantes.
- Identification des non-qualités et des bonnes pratiques par les enquêteurs.

CONSOLIDATION DANS UNE BASE DE DONNÉES

ÉTAPE B

- Capitalisation de l'information en utilisant une nomenclature prédéfinie.
- Relecture des données capitalisées par des experts construction.

ANALYSE DES DONNÉES

ÉTAPE C

- Extractions de données en fonction de requêtes particulières.
- Évaluation des risques identifiés par un groupe d'experts techniques.

VALORISATION DES ENSEIGNEMENTS

ÉTAPE D

- Production de rapports.
- Réalisation d'une mallette pédagogique et de plaquettes de sensibilisation pour les professionnels.

Le Dispositif REX Bâtiments performants est alimenté grâce à la coopération des centres de ressources membres du réseau BEEP (Bâti Environnement Espace Pro). Les enquêteurs qui collectent les retours d'expériences sur le terrain sont hébergés dans les centres de ressources régionaux, qui partagent leurs réseaux et leurs réflexions autour des retours d'expériences.

LE DISPOSITIF REX BÂTIMENTS PERFORMANTS EN CHIFFRES

7 ANS

d'ancienneté

59 ENQUÊTEURS

depuis 2010

8 EN 2016

**2 500 ACTEURS
RENCONTRÉS**

depuis 2010

600 EN 2016

**500 BÂTIMENTS
VISANT LE NIVEAU BBC
OU RT 2012**

labellisés ou non

**100 BÂTIMENTS
VISANT LE NIVEAU PASSIF**

labellisés ou non

**400 BÂTIMENTS
VISANT LE NIVEAU BBC
RÉNOVATION**

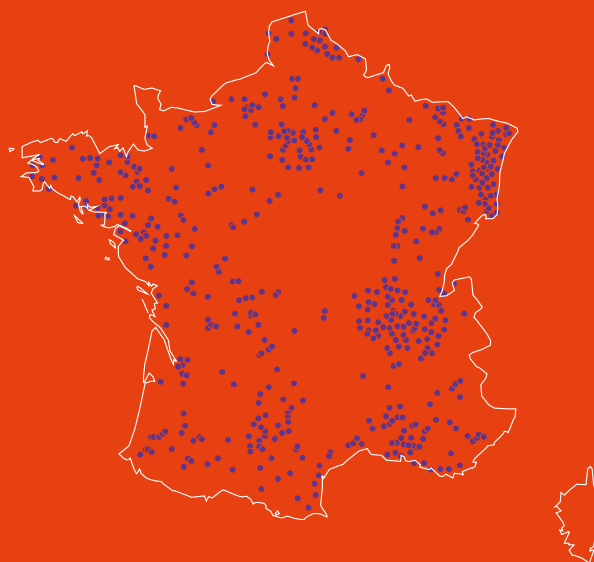
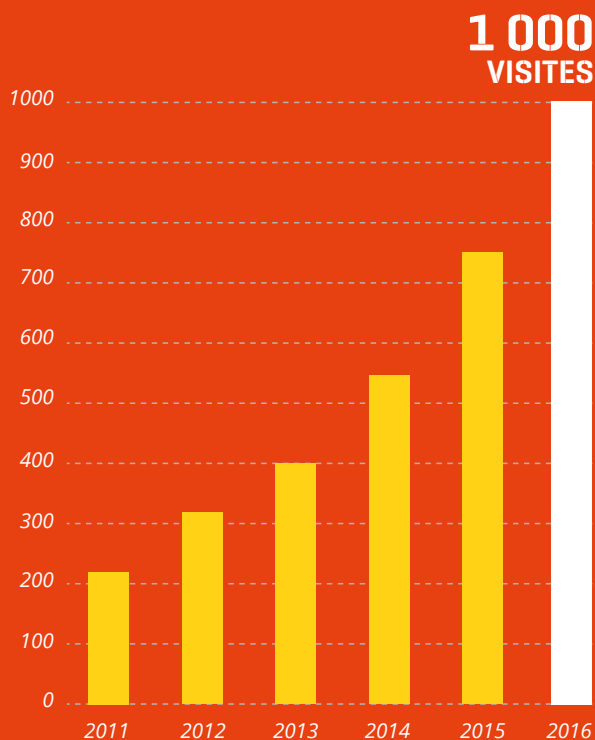
labellisés ou non

**1 000 BÂTIMENTS
VISITÉS**

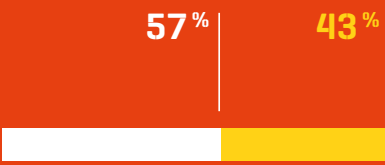
depuis 2010

250 EN 2016

OPÉRATIONS VISITÉES

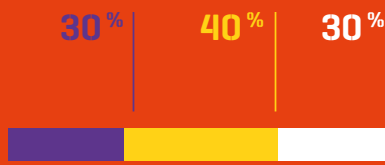


NATURE DE L'OPÉRATION



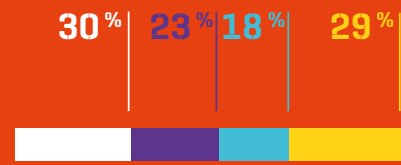
neuf
rénovation

ANCIENNETÉ AU MOMENT DE LA VISITE



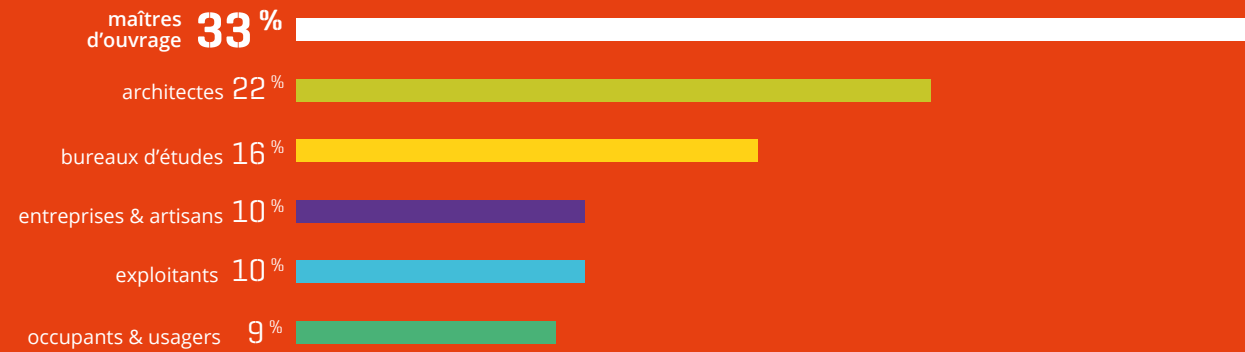
en phase de chantier
pendant les deux premières années d'exploitation
après deux ans d'exploitation

TYPE D'USAGE

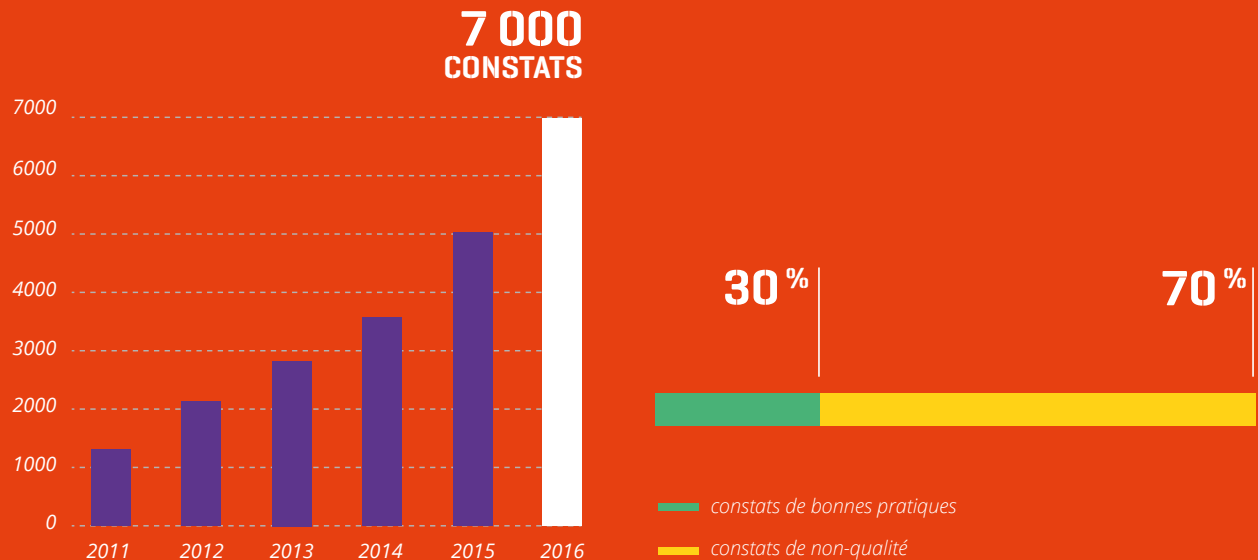


maisons individuelles
logements collectifs
bureaux
ERP

LES ACTEURS RENCONTRÉS



CONSTATS CAPITALISÉS



LE CENTRE DE RESSOURCES EKOPOLIS

ORIGINE ET FINANCEURS

En 2009, les huit Conseils d'architecture, d'urbanisme et de l'environnement (CAUE) d'Île-de-France, réunis en Union régionale, l'Agence de l'énergie et de la maîtrise de l'environnement (ADEME), l'Agence régionale de l'environnement et des nouvelles énergies (ARENE), la Direction régionale et interdépartementale de l'équipement et de l'aménagement (DRIEA), la Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie (DRIEE), et le Conseil régional d'Île-de-France se sont associés pour mettre en place le projet Ekopolis et valoriser une démarche collaborative entre acteurs départementaux, régionaux et services déconcentrés de l'État.

Depuis décembre 2013, Ekopolis s'est constitué en association loi 1901 et s'est ouvert à de nouveaux partenaires franciliens : l'Agence parisienne du climat (APC), Bâtir sain, le Conseil régional de l'Ordre des architectes, la Direction régionale et interdépartementale de l'hébergement et du logement (DRIHL), l'AORIF (l'Union sociale pour l'habitat d'Île-de-France), l'Établissement public foncier d'Île-de-France (EPF-IF), la Chambre de métiers et de l'artisanat d'Île-de-France (CRMA), l'Institut pour la conception éco-responsable du bâti (ICEB), Qualibat,...

PUBLICS CONCERNÉS

Le centre de ressources Ekopolis s'adresse aux professionnels du bâtiment et de l'aménagement : maîtres d'ouvrage, architectes, bureaux d'études, ingénieurs, économistes, entreprises, organisations professionnelles ainsi qu'aux organismes de formation initiale et continue.

AMBITION

Ekopolis a pour but d'encourager le développement durable dans les champs de l'aménagement et de la construction, notamment du renouvellement urbain et de la réhabilitation, et de mobiliser dans cette optique les acteurs concernés de la région Île-de-France.

Les actions menées par l'association cherchent à favoriser la qualité des réalisations, c'est-à-dire la prise en compte optimale des enjeux environnementaux, sociaux, économiques et urbains, ainsi que leur valeur d'usage.

MISSIONS

- Identifier des ressources et capitaliser des informations et données pour les mettre gracieusement à disposition des publics (site internet, base de données bâtiment, base de données aménagement, agenda collaboratif, annuaire professionnel, veille documentaire sur les ressources, études, articles, publications, événements).
- Encourager les bonnes pratiques dans l'acte de construire, réhabiliter et aménager (visites de sites, réalisation de dossiers retours d'expériences, newsletter mensuelle).
- Favoriser les échanges d'expériences et les débats entre les professionnels (colloques, ateliers, conférences thématiques, expositions).

LA DÉMARCHE BÂTIMENT DURABLE FRANCILIEN (BDF)



UNE DÉMARCHE POUR GÉNÉRALISER LE BÂTIMENT DURABLE EN ÎLE-DE-FRANCE

Accélérer la transition écologique et énergétique

À l'échelle nationale, le secteur du bâtiment est au carrefour de nombreux enjeux environnementaux, sociaux et économiques. Pour l'Île-de-France en particulier, les spécificités locales appellent des réponses appropriées sur les questions de santé-bâtiment, la gestion des déchets du BTP, la biodiversité, la performance énergétique, l'impact du changement climatique ou encore la gestion des eaux pluviales. Le développement rapide et massif d'une nouvelle génération d'opérations de construction et de réhabilitation est le défi qui nous est collectivement lancé aujourd'hui.

Répondre aux besoins des professionnels du bâtiment

De nombreux retours des professionnels font état d'une certaine difficulté à s'approprier les outils d'évaluation actuellement disponibles et soulignent un besoin d'accompagnement pour faire évoluer leur pratique.

Des retours d'expériences inspirants

- En Île-de-France, les démarches engagées par la Région sur l'aménagement et la construction durables depuis plusieurs années.
- En Provence-Alpes-Côte d'Azur et en Occitanie, la démarche Bâtiments durables méditerranéens, ayant accompagné plus d'un million de mètres carrés construits ou réhabilités.

UNE DÉMARCHE D'ACCOMPAGNEMENT, D'ÉVALUATION ET D'APPRENTISSAGE

Objet

La démarche Bdf consiste à accompagner et évaluer des opérations de construction et de réhabilitation durables en Île-de-France. Elle est aussi un espace d'échanges et d'apprentissage.

Quand ?

À 3 étapes du projet : à la conception, à la réalisation et deux ans après la mise en exploitation.

Moyens

- L'accompagnement est assuré par un acteur de l'opération formé à la démarche Bdf. Ekopolis met à sa disposition un support technique continu. Des recommandations sont apportées par une commission interprofessionnelle mobilisée aux 3 étapes de l'opération.
- L'évaluation est réalisée par l'accompagnateur sur la base d'une grille détaillée. La commission interprofessionnelle, publique et libre d'accès, évalue la cohérence durable.
- Le retour d'expérience systématique et documenté bénéficie aux acteurs de l'opération et plus largement au territoire.

L'IDÉE FORCE : FAIRE PROGRESSER L'OPÉRATION VERS LA MEILLEURE VERSION D'ELLE-MÊME

Pour qui ?

La démarche Bdf s'adresse aux maîtres d'ouvrage et aux équipes de maîtrise d'œuvre qui souhaitent construire ou réhabiliter de façon durable. Elle est ouverte à tous les acteurs intéressés à développer collectivement leurs connaissances et leurs savoir-faire.

AMÉLIORATION DE LA PERFORMANCE THERMIQUE : QUELLE APPROCHE SPÉCIFIQUE AU BÂTI ANCIEN ?

*« Il y a deux choses dans un édifice : son usage et sa beauté.
Son usage appartient à son propriétaire, sa beauté à tout le monde ».*

Victor Hugo

RÉPONDRE À UN OBJECTIF

L'objectif global d'une réhabilitation est de maintenir le bâtiment habitable, confortable et attractif. L'amélioration de sa performance thermique vise entre autres à :

- limiter au maximum l'émission de gaz à effet de serre (GES) ;
- maintenir dans le temps, voire abaisser le coût de la facture énergétique (notamment en diminuant le volume d'énergie consommée) ;
- améliorer le confort des occupants.

Les caractéristiques thermiques d'une construction sont très variables selon le principe constructif (poteau-poutre métallique, ossature pan de bois, etc.) et les matériaux utilisés (béton, pierre, brique, pisé, bois, etc.). Les travaux d'isolation peuvent être l'occasion de réparer des erreurs du passé en purgeant les bâtiments des matériaux ajoutés au cours du temps et qui en avaient dénaturé les propriétés initiales.

Chaque bâtiment est unique par son implantation, son mode constructif, sa période de construction, son usage, etc. Lorsque le bâtiment fait l'objet d'une protection particulière (classé ou en secteur protégé), la préservation de sa valeur esthétique et patrimoniale limite la plupart du temps les interventions qui pourraient notamment modifier l'aspect de ses façades.

En tenant compte du contexte, il faut donc estimer ce que l'on peut apporter comme amélioration thermique au regard des normes de confort actuelles et des obligations réglementaires. Par le fait d'isoler, on gagne en confort : ce gain de confort doit être envisagé aussi bien pour les périodes hivernales, qu'estivales.

BIEN COMPRENDRE LE VÉCU DU BÂTIMENT À RÉNOVER

Améliorer la performance thermique d'un bâtiment existant implique de bien comprendre comment il a été conçu, d'identifier ses qualités techniques et ses points de fragilité.

Pour réaliser une intervention adaptée sans détériorer les qualités de ce qui existe, une observation préalable approfondie permettra de savoir sur quoi et comment agir. On pourra ainsi se demander :

- Quelle est la période constructive du bâtiment ?
- Quel est son mode constructif, avec quels matériaux (vernaculaires ou non) ?
- Dans quel environnement se situe-t-il (rural, urbain, mitoyen ou non, etc.) ?
- Quelle est son orientation, son exposition aux vents, sa zone climatique ?
- Quelle est sa qualité esthétique et/ou architecturale, est-il singulier ?
- Quelle est l'organisation fonctionnelle des espaces de vie, ont-ils été modifiés, pourquoi ont-ils été disposés ainsi (couloir de desserte au nord, cuisine à l'ouest, etc.) ?
- Quel sera son type d'usage et l'intensité de sa fréquentation (par exemple, il n'y aura pas besoin de la même inertie dans des bureaux ou dans un atelier occupés par intermittence, que dans un logement) ?
- Que définit le Plan Local d'Urbanisme (PLU) applicable au bâtiment, y-a-t-il une protection patrimoniale ou architecturale qui s'applique (secteur monument historique, zone ou parc protégés, etc.) ?
- Quelles sont les mises aux normes nécessaires indépendamment des travaux d'isolation (sécurité électrique, sécurité incendie, hauteur des garde-corps, écoulement des eaux pluviales, etc.) ?

ADOPTER UNE APPROCHE PAR ÉTAPES

Les déperditions thermiques par les murs extérieurs ne représentent qu'une partie des déperditions d'un bâtiment.

Il existe beaucoup d'autres sources de déperditions thermiques (toitures, menuiseries, conduits, planchers bas, verrières, etc.) parfois plus simples à traiter.

Pour répondre aux spécificités de rénovation des bâtiments anciens, ce document propose une approche logique par étapes pour réhabiliter de façon efficiente en s'adaptant au contexte de chaque chantier :

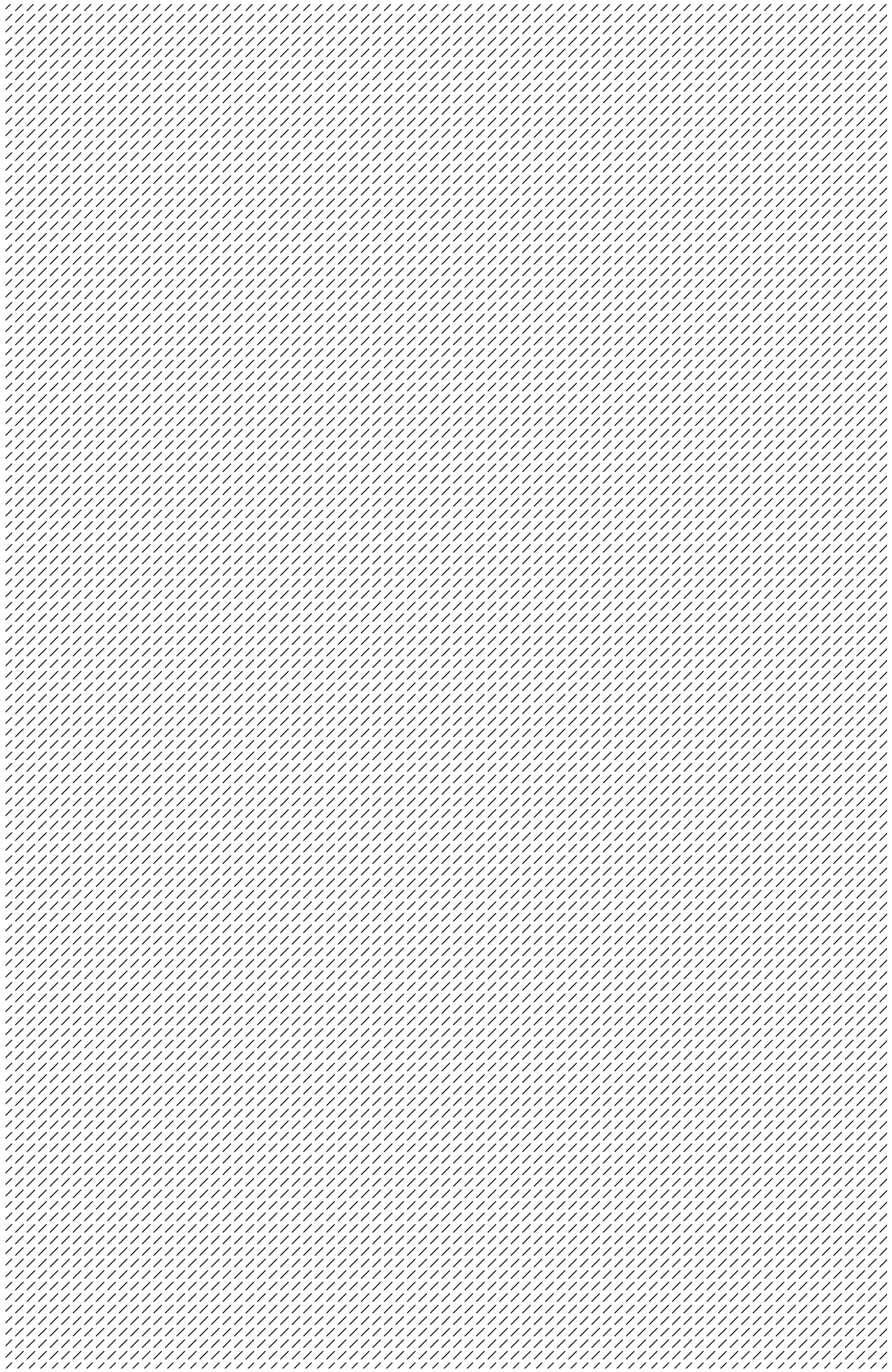
- Les actions préservant l'ensemble du patrimoine (Enseignements 1, 2, 3 et 4).
- Les actions préservant l'aspect extérieur des façades (Enseignements 5, 6, 7 et 8).
- Les actions d'isolation impliquant une intervention sur les façades (Enseignements 9, 10, 11 et 12).

Les 12 enseignements présentés ci-après portent plus particulièrement sur les problématiques de ponts thermiques, de sensation de parois froides, de traitement des volumes non chauffés.

L'objectif n'est pas de standardiser les solutions d'amélioration des bâtiments existants. Les différents enseignements fournissent des directions pour la recherche de solutions les plus adaptées.

Pour obtenir la performance énergétique, il convient de travailler à la fois sur le bâti et sur les équipements. Ce rapport thématique ne traite que de l'amélioration du bâti.

Afin de se constituer une perception plus large des points de vigilances à observer, le lecteur pourra notamment consulter d'autres rapports de cette collection sur les questions d'humidité, d'étanchéité à l'air, de confort d'été, etc.



ENSEIGNEMENTS CLÉS

Les pages suivantes présentent 12 enseignements principaux issus de l'analyse et de la synthèse des retours d'expériences observés depuis 2010 dans le cadre du Dispositif REX Bâtiments performants. Le choix de ces enseignements s'est fait en fonction de la récurrence des constats concernés au sein de l'échantillon, de leur gravité et de l'appréciation des spécialistes du sujet.

✓ bonne pratique ✗ non qualité

1 ASSURER L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR DES ANCIENS CONDUITS

CONSTAT

Présence de courants d'air froid dans certaines zones de l'habitation (à proximité de l'ancienne cheminée et près du placard d'entrée donnant sur l'ancien vide-ordures).

PRINCIPAUX IMPACTS

- Inconfort thermique.
- Perte de performance de l'enveloppe.

ORIGINES

La cheminée, qui n'est plus en service, a été conservée pour son cachet sans que son conduit qui débouche à l'air libre n'ait été obturé.

L'ancien vide-ordures, condamné, n'a pas été démantelé ni obturé après rénovation.

SOLUTION CORRECTIVE

- Améliorer l'étanchéité à l'air au niveau de la cheminée en obturant le conduit d'évacuation des gaz de combustion et les anciennes amenées d'air si elles sont encore existantes.
- Améliorer l'étanchéité à l'air de l'ancien vide-ordures.

BONNE PRATIQUE

Si l'on souhaite conserver les conduits en place (dans l'idée de les réutiliser un jour) il est indispensable d'assurer leur étanchéité à l'air.

Les anciens conduits peuvent également être isolés par insufflation d'un matériau isolant après avoir réalisé leur ramonage.

N.B. : l'étanchéité à l'eau du conduit doit être impérativement vérifiée avant d'engager les travaux d'isolation.



Conduits d'anciennes cheminées, ni isolés, ni étanches à l'air. ©AQC



L'ancien système de vide-ordures donnant sur un volume non chauffé a été conservé sans travaux d'isolation ni d'étanchéité à l'air. ©AQC



Ancienne trappe de vide-ordures conservée en l'état sans amélioration de l'étanchéité à l'air. ©AQC

2 CRÉER OU AMÉNAGER DES ESPACES TAMPON

CONSTAT

Les zones à proximité des ouvertures existantes (portes, fenêtres, etc.) sont sujettes à des mouvements d'air importants, froides et bruyantes.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Inconfort des usagers.
- Perte de performance de l'enveloppe.

ORIGINES

Aucun aménagement complémentaire n'a été réalisé concomitamment à la conservation des ouvertures existantes présentant un intérêt patrimonial. Par exemple : conservation de portes d'entrée d'immeuble en métal et simple vitrage.

BONNE PRATIQUE

Il est possible de conserver les ouvertures présentant un intérêt patrimonial tout en améliorant la performance thermique et le confort par :

- la création de sas au niveau des entrées afin de réduire les mouvements d'air froid ainsi que les nuisances acoustiques en provenance de la rue.
- la transformation des balcons, loggias, pergola en jardin d'hiver, circulation, etc. en respectant les règles d'urbanisme.
- l'ajout de nouvelles menuiseries à l'intérieur qui permettent d'améliorer le confort thermique tout en conservant l'esthétique des menuiseries anciennes visibles de l'extérieur (doubles fenêtres).

Dans le cas de la conservation en l'état d'une verrière zénithale ou de sheds, il peut être envisagé d'installer un plafond en double-vitrage.



La cage d'escalier, espace non chauffé, était séparée de la rue par une porte cochère monumentale, non isolée. Un sas d'entrée a été créé. Le confort thermique, acoustique et la sécurisation de l'immeuble sont ainsi améliorés. ©AQC



Les loggias ont été vitrées pour réaliser un jardin d'hiver et permettre une amélioration du confort thermique et acoustique. Le confort d'été n'a pas été dégradé grâce à la présence des arbres à feuilles caduques le long de la façade. ©AQC



Le système de double arcade a permis la création d'une zone de circulation vitrée à l'abri des intempéries. ©AQC

3 ISOLER LES PAROIS AU CONTACT DES VOLUMES INTÉRIEURS NON-CHAUFFÉS

CONSTAT

La cage d'escalier qui mène au sous-sol est froide et source de courants d'air qui refroidissent le logement en hiver.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Inconfort thermique, sensation de parois froides.
- Perte de performance de l'enveloppe.

ORIGINES

La sous-face de l'escalier et les parois latérales de la cage d'escalier ne sont pas isolées. De plus, la porte d'accès au sous-sol n'est pas étanche à l'air.

SOLUTION CORRECTIVE

Si pour des raisons esthétiques les anciennes portes sont conservées, l'application d'un isolant sur l'ouvrant et l'ajout d'un joint mousse d'étanchéité à la jonction du dormant et de l'ouvrant contribuent à atténuer les déperditions et l'inconfort thermique.

BONNE PRATIQUE

- Isoler toutes les parois en contact avec les volumes non chauffés.
- Remplacer les portes d'accès aux volumes non chauffés par des portes étanches à l'air.

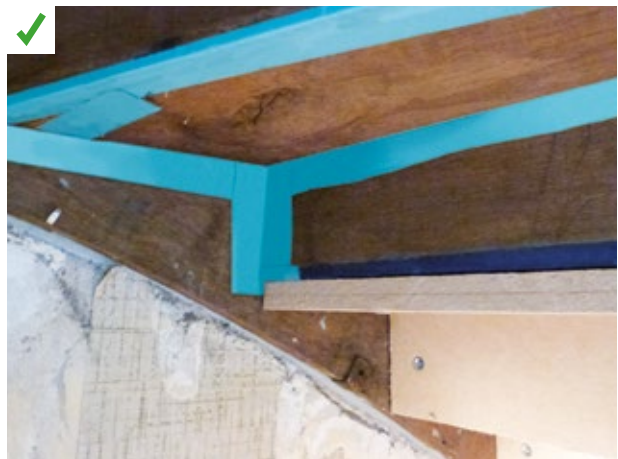
N.B. : en cas d'amélioration de l'étanchéité à l'air des sous-sols il est indispensable de s'assurer du maintien d'un bon renouvellement d'air dans ces espaces par l'installation d'un système de ventilation mécanique contrôlée.



Cage d'escalier non isolée. ©AQC



Dans les logements, condensation et développement de moisissures sur le mur mitoyen de la cage d'escalier non isolée. ©AQC



Réalisation de l'étanchéité à l'air sur toutes les jonctions des marches, contremarches et limon avant isolation avec des panneaux de fibres de bois. ©AQC

4 ISOLER LES SOUBASSEMENTS ET TRAITER LES PONTS THERMIQUES DES NEZ DE DALLES

CONSTAT

Déperditions thermiques au niveau des soubassements non isolés.

Création de ponts thermiques au niveau des nez de dalles qui n'ont pas été isolés.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Perte de performance de l'enveloppe.
- Risque de condensation et de développement de moisissures.
- Inconfort thermique.

ORIGINES

Choix de conception.

BONNE PRATIQUE

Afin d'assurer une performance optimale de l'enveloppe, l'isolation des parois doit prendre en compte le traitement des soubassements et des nez de dalle.

Lorsque cela est possible, l'idéal est de pouvoir isoler par l'extérieur ces éléments en utilisant des matériaux isolants imputrescibles type verre cellulaire, polystyrène, liège, etc.

Si l'isolation s'avère impossible par l'extérieur, une solution consiste à réaliser une dalle avec des propriétés isolantes comme par exemple des bétons allégés avec des matériaux qui encapsulent de l'air : billes d'argile, chanvre, pouzzolane, copeaux de bois, etc.



Lors de l'isolation par l'extérieur de cette bâtisse ancienne, le soubassement et les nez de dalles n'ont pas été traités. Il en résulte des ponts thermiques. ©AQC



L'isolation du soubassement a été réalisée par la mise en place d'un isolant imputrescible. ©AQC



Traitement thermique du soubassement du mur par l'intérieur au moyen d'une dalle en béton de chaux-pouzzolane. Celle-ci repose sur un hérisson sur drain ventilé. ©AQC

5 ISOLER DANS L'ÉPAISSEUR LES ÉLÉMENTS CREUX

CONSTAT

Le sol des planchers intermédiaires est froid.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Inconfort thermique.
- Perte de performance de l'enveloppe.

ORIGINES

Lors de la rénovation, les planchers intermédiaires existants, lourds et peu performants thermiquement ont été conservés en l'état. L'espace entre les solives est rempli avec du plâtre et du sable (pratique ancienne qui permettait de constituer un coupe-feu entre les étages).

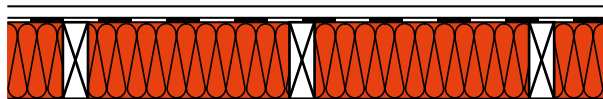
BONNE PRATIQUE

Selon le principe constructif et le type de matériaux mis en œuvre, le bâtiment peut présenter des zones creuses (plancher bois sur solives / plancher voutains briques sur poutrelles acier / dalle hourdis béton ou brique / cloisons de briques creuses, etc.). Lors de la rénovation énergétique, il est judicieux d'insérer de l'isolant dans ces volumes creux. Ce choix peut aussi être guidé par le besoin de renforcer l'acoustique et/ou l'inertie du bâtiment.

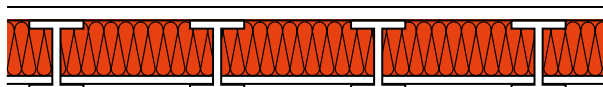
Si l'isolation complète du plancher n'est pas réalisable, une isolation en périphérie sur 60 à 100 cm* suffira pour répondre aux seules exigences thermiques (limitation forte des ponts thermiques).

La réfection d'un plancher intermédiaire permet aussi de mettre en œuvre un plancher chauffant et/ou d'assurer le passage des réseaux dans le volume du plancher.

Toutes ces améliorations devront être faites en veillant à ne pas dégrader la sécurité incendie (coupe-feu, etc.). En cas de présence de câbles électriques et de luminaires encastrés prendre toutes les dispositions pour prévenir les départs de feu.



Isolation entre solives bois



Isolation entre poutrelles acier



Isolation des hourdis par insufflation



L'ensemble du remplissage existant (gravas, sable, plâtre) entre solives a été cureté. Un isolant à base de fibres végétales a été mis en œuvre en remplacement afin de répondre aux besoins thermiques et acoustiques. ©AQC



Dans ce petit pavillon de 1925 le plancher bas sur vide sanitaire a pu être isolé en partie dans l'épaisseur à l'aide de panneaux de 12 cm de laine minérale insérés entre les solives. Une seconde couche croisée de 6 cm a été fixée par-dessous. ©AQC



Dans cette rénovation, un plancher léger en bois a été installé entre les poutrelles acier IPN (schéma 2 ci-contre). Des panneaux de chanvre ont été logés dans le bac ainsi créé. Un plancher bois massif recouvre l'ensemble. ©AQC

6 ISOLER LES MURS DE REFEND ET LES PLANCHERS PLEINS

CONSTAT

Présence de ponts thermiques au niveau des murs de refend et des planchers pleins.

PRINCIPAUX IMPACTS

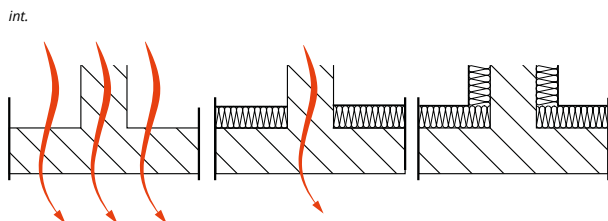
- Perte de performance de l'enveloppe.
- Risque de condensation et de développement de moisissures.
- Inconfort thermique, sensation de parois froides.

ORIGINES

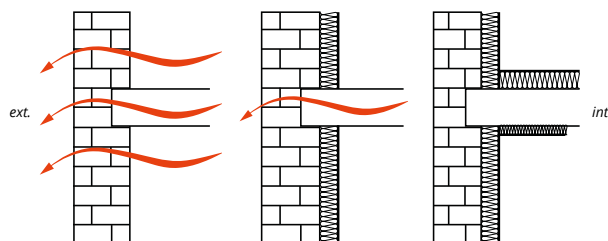
Ces éléments n'ont pas été isolés lors de la mise en œuvre de l'isolation thermique par l'intérieur.

BONNE PRATIQUE

Une solution consiste à réaliser un retour d'isolant de 60 cm* minimum (à calculer au cas par cas) sur les murs de refend ou les planchers afin de réduire les déperditions thermiques (technique dite de manchonnage).



Isolation du mur de refend



Isolation du plancher maçonné

Références

*AJENA Renovact http://www.ajena.org/renovact/media/technique_ponts-thermiques.pdf



Un enduit isolant de 4 cm appliqué sur les pierres d'assemblage a permis de conserver un rendu minéral et de laisser apparentes les pierres d'encadrement de l'ouverture. Ce complément d'isolation réduit les déperditions et la sensation de paroi froide au niveau du mur de refend.

©AQC



Un retour d'isolant sur 100 cm a été réalisé sur le contour du plancher haut et à l'intersection du mur de refend avec le mur extérieur. ©AQC



Dans cet immeuble industriel des années 30, les murs ont été isolés par l'intérieur. Des panneaux d'isolant à base de fibres végétales ont été posés sur la périphérie en sous-face du plancher haut. ©AQC

7 DÉSOLIDARISER DE LA FAÇADE LES MURS DE REFEND, CLOISONS ET PLANCHERS

CONSTAT

Présence de ponts thermiques au niveau des murs de refend, des planchers et des cloisons.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Perte de performance de l'enveloppe.
- Risque de condensation et de développement de moisissures.
- Inconfort thermique (sensation de parois froides).

ORIGINES

Ces éléments n'ont pas été isolés lors de la mise en œuvre de l'isolation thermique par l'intérieur.

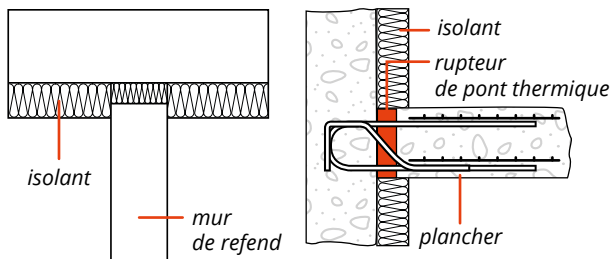
BONNE PRATIQUE

Si l'étude de structure le permet, il est possible de découper les planchers et les murs de refend à leur jonction avec les murs extérieurs. Cela permet de mettre en œuvre une isolation par l'intérieur continue en épaisseur qui évite les ponts thermiques et facilite également l'installation continue d'un pare-vapeur.

Si les efforts mécaniques doivent être repris, des rupteurs de ponts thermiques peuvent être mis en œuvre en tenant compte des normes de contreventement, de compartimentage au feu, de fuites acoustiques, etc.

D'autres dispositions peuvent être prises pour reprendre les charges des planchers intermédiaires comme l'installation de linçoirs et de poteaux.

N.B. : en zone sismique une attention particulière devra être portée aux calculs de résistance mécanique pour évaluer la faisabilité de ces solutions.



Pour permettre l'ouverture complète de la porte fixée à la base du mur de refend, l'isolation thermique par l'intérieur n'a pas été réalisée derrière celle-ci. La différence de température de la paroi provoque de l'inconfort thermique, favorise la condensation et l'apparition de moisissures. ©AQC



Sur ce pavillon des années trente, les murs de refend (tapissés) ont pu être désolidarisés du mur de façade. Après étude, il s'est avéré possible de tronçonner le mur verticalement et d'insérer en continu les panneaux d'isolant et le pare-vapeur. ©AQC



Un vide a été créé entre les planchers intermédiaires et les murs. Cela permet de poser une membrane pare-vapeur en continu, et d'obtenir une continuité d'isolation entre les étages. ©AQC

8 TRAITER LES ÉLÉMENTS PONCTUELS ENCASTRÉS DANS LA FAÇADE

CONSTAT

Présence de ponts thermiques ponctuels.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Perte de performance de l'enveloppe.
- Risque de condensation et de développement de moisissures.

ORIGINES

Lors de l'isolation thermique, les éléments encastrés dans les parois n'ont pas été isolés.

BONNE PRATIQUE

Démonter les éléments fixés à l'extérieur de la façade (marquise, canopée, etc.) puis les réinstaller en surimposition de l'isolation. Ceci nécessite de prendre des dispositions particulières (installation de chevilles spéciales avec rupteurs de ponts thermiques, etc.) au moment de la mise en œuvre de l'isolant.

Tronçonner les éléments solidaires de la façade (escalier extérieur, balcons, corniches, etc.) et les remplacer par des éléments désolidarisés.

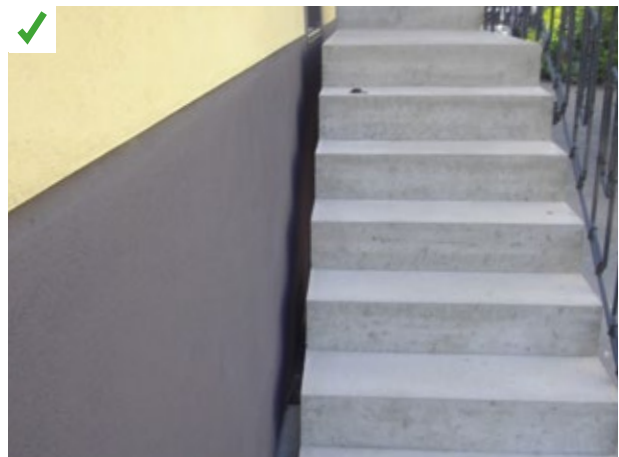
Isoler les éléments qui traversent la façade (piliers, génoises, etc.).



✘ Corbeaux en pierre saillant à l'intérieur non isolés. Leur forme particulière demande un travail de découpe conséquent pour réaliser leur isolation. Ce travail n'a pas été jugé nécessaire car ils ne seront plus visibles après l'installation du faux plafond technique. ©AQC



✘ Lors de l'isolation par l'extérieur, l'auvent en béton a été conservé. Un pont thermique a ainsi été créé. ©AQC



✓ Pour mettre en œuvre une isolation par l'extérieur continue, l'escalier existant a été tronçonné au niveau de la jonction avec le mur de façade et remplacé par un escalier neuf désolidarisé. ©AQC

9 ISOLER LES PARTIES DU BÂTIMENT SUR L'HÉBERGE

CONSTAT

Les héberges n'ont pas été isolées lors de la rénovation thermique du bâtiment.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Perte de performance de l'enveloppe.
- Inconfort thermique (sensation de parois froides).

ORIGINES

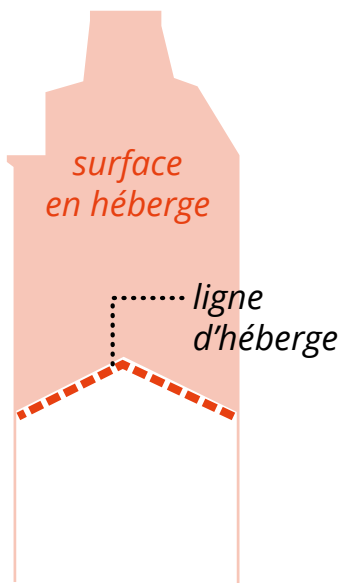
Méconnaissance en conception.

BONNE PRATIQUE

Isoler en priorité les surfaces homogènes, faciles à traiter et ne présentant pas d'intérêt patrimonial particulier comme les façades arrières ou les héberges.

Avant tout travaux sur les héberges, il convient de consulter le Plan Local d'Urbanisme (PLU) et les propriétaires des bâtiments mitoyens pour ne pas limiter notamment leur propre capacité à réaliser une surélévation ou une isolation de toiture qui nécessiterait une surélévation.

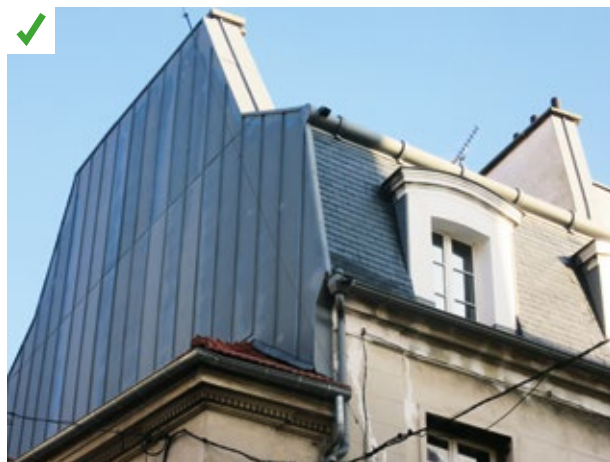
N.B. : le raccord de l'isolation avec la toiture mitoyenne est un point sensible qui doit être parfaitement traité afin d'assurer l'étanchéité à l'eau.



L'héberge désigne la ligne de limite de mitoyenneté d'un mur séparatif commun à deux bâtiments et par extension la surface au-dessus de cette ligne.



Les façades Nord Est et Nord Ouest en limite de propriété, donnant sur un jardin voisin non constructible, auraient pu être isolées par l'extérieur sur toute leur surface. ©AQC



À l'occasion de la reprise complète de la toiture, l'Architecte des Bâtiments de France a accepté le projet d'isolation par l'extérieur de l'héberge. Les panneaux de laine de bois ont été protégés par un bardage zinc réalisé à l'ancienne. ©AQC



Isolation par l'extérieur de l'héberge d'un bâtiment des années 20 situé en secteur protégé. ©AQC

10 RECOURIR À DES ENDUITS AYANT DES PROPRIÉTÉS ISOLANTES

CONSTAT

La façade noble sur rue n'a pas été isolée.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Perte de performance de l'enveloppe.
- Inconfort thermique.

ORIGINES

Volonté de ne pas dénaturer l'aspect existant en augmentant fortement l'épaisseur des murs.



L'enduit ciment existant va être remplacé par un enduit présentant des propriétés isolantes. ©AQC

BONNE PRATIQUE

Il est possible d'améliorer sensiblement les caractéristiques thermiques d'une façade sans en modifier l'esthétique et les proportions. Ceci peut se faire par le remplacement des enduits existants par de nouveaux enduits présentant des propriétés isolantes.

Il est également possible de remplacer d'autres composants des parois existantes par des matériaux isolants ou présentant des propriétés isolantes.

N.B. : veiller à ce que les changements d'enduits ne modifient pas l'équilibre hydrique des parois notamment en présence de matériaux sensibles à l'humidité (pierres tendres, torchis, terre crue, colombage bois, etc.).

Certaines parois existantes peuvent être complexes suite à l'ajout successif de matériaux lors de rénovations antérieures. Une analyse préalable à toute intervention est indispensable pour déterminer la solution d'amélioration thermique appropriée.

N.B. : les retours d'expériences dont nous disposons sur ces nouvelles techniques ne sont pas nombreux.



Pose en extérieur d'un enduit chaux chanvre protégé par un enduit de finition chaux sable. En intérieur, la pierre est habillée d'enduit chaux chanvre projeté, recouvert d'un enduit de finition à la chaux. Les interstices entre les pans de bois ont été curetés du plâtre. Un isolant en fibres végétales a été inséré à la place en remplissage et des panneaux d'isolant en fibres végétales haute densité ont été fixés de part et d'autre de l'ossature en pan de bois. ©AQC



Les interstices entre les pans de bois ont été curetés du plâtre. Un isolant en fibres végétales a été inséré à la place en remplissage et des panneaux d'isolant en fibres végétales haute densité ont été fixés de part et d'autre de l'ossature en pan de bois. ©AQC

11 ISOLER PAR L'EXTÉRIEUR EN UTILISANT DES MATÉRIEAUX NOUVEAUX IMITANT L'EXISTANT

CONSTAT

L'esthétique de la façade existante a été fortement dégradée par l'opération d'isolation.

PRINCIPAUX IMPACTS

Défaut esthétique.

ORIGINES

Seuls les aspects thermiques ont guidé les choix de conception. La valeur patrimoniale, le contexte géographique et l'histoire du bâtiment n'ont pas été considérés.

BONNE PRATIQUE

Avant d'isoler par l'extérieur les façades « nobles » il peut être intéressant d'identifier quelles autres actions d'isolation simples et efficaces pourraient être menées en priorité (voir enseignements précédents).

Quand les ambitions en matière de performance thermique sont fortes et qu'il est nécessaire pour les atteindre d'isoler les façades « nobles » par l'extérieur, des solutions permettent d'imiter l'ancien en reconstituant en matériaux synthétiques isolants les modénatures, la brique, la pierre, etc.

N.B. : les retours d'expériences dont nous disposons sur ces nouvelles techniques ne sont pas nombreux.



Cette maison traditionnelle en assemblage pierre et colombage a été isolée par l'extérieur. Les ouvertures de baies ont été réduites, les volets en bois ont été remplacés par des volets roulants, les modénatures existantes ne sont plus visibles. L'intérêt patrimonial de cette maison a disparu. ©AQC



Isolation par l'extérieur avec un système composé de panneaux de laine de roche recouverts d'un parement en briques apparentes. Pour conserver visuellement le relief des façades existantes, les garde-corps ont été déposés puis refixés à l'identique sur le nouveau parement. Idem pour les menuiseries posées en tunnel. ©AQC



Les deux étages d'attique ont été isolés par l'extérieur avec 8 cm d'un enduit aérogel thermo-isolant appliqué selon la méthode classique. À noter le peu de recul sur le comportement dans le temps de cette solution innovante. ©AQC

12 CRÉER UNE DEUXIÈME ENVELOPPE POUR CONSERVER LES FAÇADES EXISTANTES

CONSTAT

Malgré l'intérêt patrimonial qu'il présentait, rien n'a été conservé de l'ancien bâtiment.

PRINCIPAUX IMPACTS

Coûts environnementaux (énergie grise, carbone, etc.).
Appauvrissement patrimonial.

ORIGINES

Les ambitions très fortes en matière de performances énergétiques et les aspects financiers ont poussé à la démolition du bâtiment existant et à sa reconstruction quasi-totale.

BONNE PRATIQUE

La création d'une nouvelle enveloppe à l'intérieur du bâtiment est une solution permettant de préserver les façades anciennes dans le cadre de projets très ambitieux en termes de performance énergétique.

Une démarche de réemploi des matériaux existants permet de minimiser l'impact environnemental du chantier.



Dans un bâtiment existant très vétuste et afin d'atteindre un niveau de performance élevé, mise en œuvre d'une nouvelle enveloppe ossature bois préfabriquée en atelier à l'intérieur de l'ancienne enveloppe en brique.

©AQC



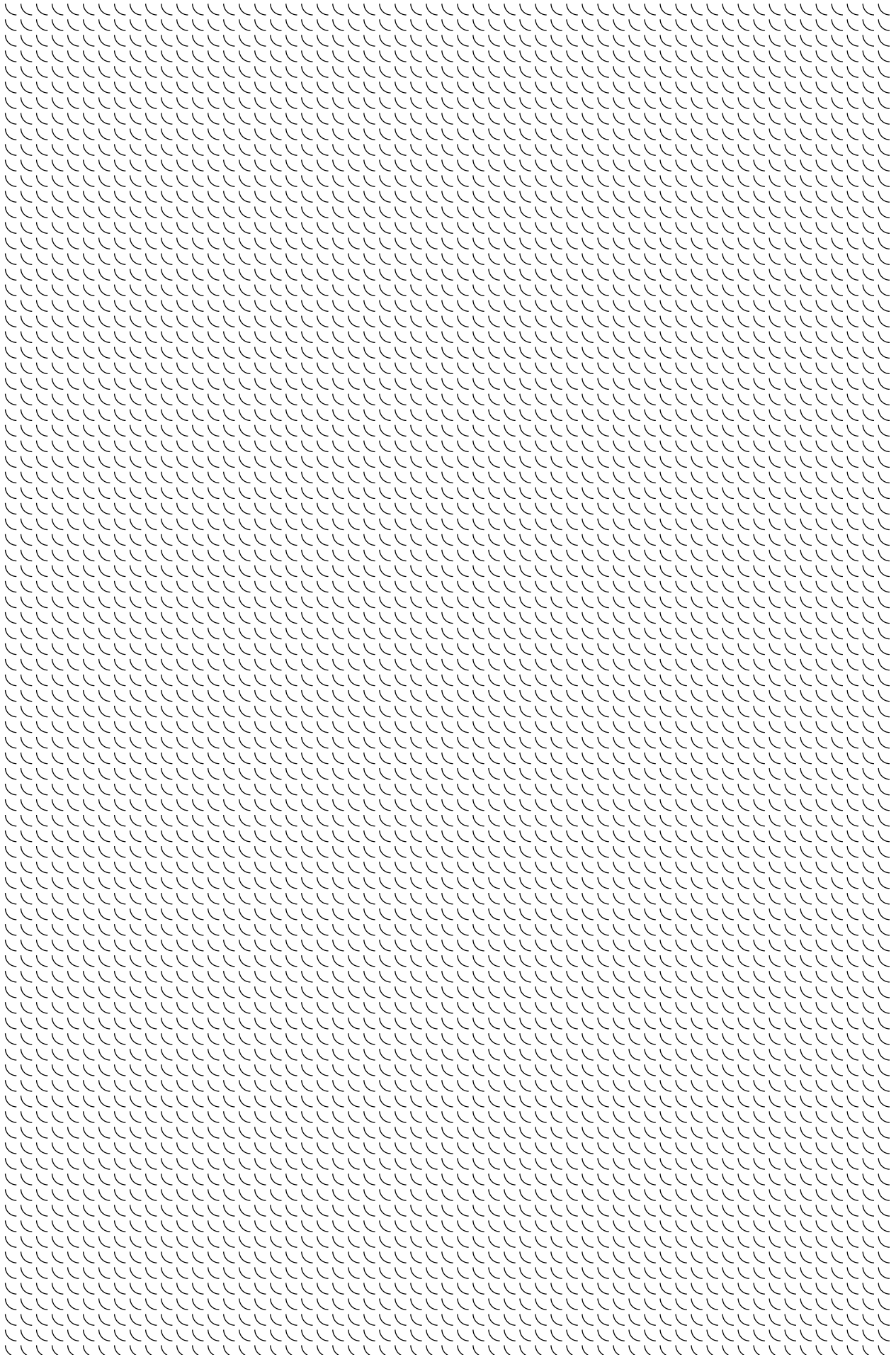
Les soubassements, la toiture et les parois ossature pan de bois ont été conservés. Une nouvelle ossature largement vitrée a été mise en œuvre en retrait de la façade existante qui a été curetée de son plâtras. L'espace créé entre les parois permet la circulation et l'entretien.

©AQC



Réalisation d'une nouvelle enveloppe en ossature poteau-poutre métallique en retrait de la façade en pierre. L'espace entre les parois a permis d'insérer des brises-soleil motorisés.

©AQC



CONCLUSION

Les retours d'expériences montrent que les choix qui sont faits lors de la rénovation thermique de bâtiments anciens ne sont pas systématiquement les bons. Des marges de progrès existent pour éviter que des travaux inadaptés et irréversibles viennent dégrader l'esthétique des bâtiments, nuire à leur pérennité structurelle, à leur confort ou encore empêcher une pleine exploitation des gisements d'économies d'énergie.

Négliger des travaux simples comme l'amélioration de l'étanchéité à l'air des conduits existants ou l'isolation des parois au contact des volumes non chauffés peut avoir des conséquences importantes sur le confort thermique.

Isoler partiellement les murs extérieurs en négligeant de traiter les murs de refends et les planchers intermédiaires peut aboutir à la création de ponts thermiques fortement dommageable pour la stabilité des ouvrages en cas d'accumulation d'humidité.

Opter pour un traitement thermique de l'enveloppe ne respectant pas l'esthétique des édifices n'est pas non plus satisfaisant.

Des compromis sont donc à trouver pour satisfaire toutes les exigences qu'implique une rénovation thermique qualitative du bâti ancien.

Les retours d'expériences montrent que des solutions existent et qu'il est possible d'atteindre un niveau de performance satisfaisant en améliorant le confort tout en respectant les spécificités du bâti ancien. Ces solutions peuvent se traduire en différents scénarii d'interventions réalisables par étapes ou en une seule phase de travaux.

Ces scénarii seront d'autant plus pertinents qu'ils ont été choisis avant d'engager les travaux d'amélioration thermique par des acteurs disposant d'une vision d'ensemble des points d'interventions possibles.

EN SAVOIR PLUS

Guide du diagnostic des structures dans les bâtiments d'habitation anciens, Jaques Fredet et Jean-Christophe Laurent, Editions du Moniteur, Mai 2013, 766 p.

Amélioration thermique des bâtiments collectifs de 1850 à 1974, CSTB, De Jean Patrick, Ebok, Marin Jérôme, Pouget-Consultants, Transsolar, Coéditions Parisiennes, Février 2011, 344 p.

L'isolation thermique écologique, Jean-Pierre Oliva et Samuel Courgey, Terre vivante, Mars 2010, 256 p.

Guide pour la rénovation énergétique des bâtiments anciens, Guide Grand Poitiers, Mars 2010.

http://www.grandpoitiers.fr/c_177_642__Renovation_du_patrimoine_ancien.html

Amélioration thermique du bâti ancien, (Fiches ATHEBA), Maisons paysannes de France.

<http://www.maisons-paysannes.org/restaurer-et-construire/fiches-conseils/amelioration-thermique-bati-ancien/>

Isoler son logement, ADEME, Mars 2016.

<http://renovation-info-service.gouv.fr/sites/default/files/documents/guide-pratique-isoler-son-logement-avril-2016.pdf>

Bien rénover son habitat en tuffeau, des conseils pour les habitants, Parc Loire-Anjou-Touraine.

<http://www.parc-loire-anjou-touraine.fr/fr/bien-renover-son-habitat-en-tuffeau-des-conseils-pour-les-habitants>

Réhabilitation thermique du 3 fenêtres Marseillais, ENSEAM, 2008.

<http://www.enviroboite.net/le-3-fenetres-marseillais>

Pour comprendre et rénover le bâti ancien en alsace, DREAL Alsace et DRAC Alsace.

<http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/pour-comprendre-et-renover-le-bati-ancien-en-a193.html>

Traitement des ponts thermiques, Ajena.

http://www.ajena.org/renovact/media/technique_ponts-thermiques.pdf

« Rénovation thermique performante par étapes », AQC 2015.

« Isolation des parois opaques » : <https://www.youtube.com/watch?v=AoGzs8lBxqs>

« Changement des menuiseries » : <https://www.youtube.com/watch?v=GH9b1Qu3uco&t=1s>

« Changement des équipements » : <https://www.youtube.com/watch?v=EMJqSxr5Ze8&t=1s>

Perméance des façades à la vapeur d'eau, AQC, 2009.

http://www.qualiteconstruction.com/sites/default/files/import_uploads/tx_commerceaddons/mu0810_01.pdf

ISOLATION THERMIQUE PAR L'INTÉRIEUR – RÉNOVATION, Guide RAGE, 2015.

<http://www.programmepacte.fr/isolation-thermique-par-linterieur-renovation>

STRATÉGIES DE RÉNOVATION – FICHES SOLUTIONS TECHNIQUES, Rapport RAGE, 2013.

<http://www.programmepacte.fr/sites/default/files/pdf/strategie-de-renovation>

LES MISSIONS DE L'AQC

OBSERVER L'ÉVOLUTION DES DÉSORDRES ET DES PATHOLOGIES

La priorité est donnée au recueil et à l'analyse d'informations sur les désordres. Une méthode spécifique de recueil et de traitement des données est mise en place : le SYstème de COLlecte des DÉsordres (Sycodés).

Les données produites font apparaître les techniques et les ouvrages les plus sinistrants ainsi que les causes de ces sinistres. Elles permettent également de mesurer les progrès des professions.

En complément, l'AQC conduit une enquête d'envergure nationale sur les risques dans les bâtiments performants aux plans énergétique et environnemental.

IDENTIFIER LES SIGNES DE QUALITÉ

L'Observatoire des signes de qualité a été conçu et enrichi par l'AQC, à partir de l'analyse des référentiels techniques et des conditions d'utilisation des diverses marques. Il a abouti à la conception d'un moteur de recherche des signes de qualité au service des professionnels et des maîtres d'ouvrage. Il est disponible sur le site internet de l'AQC.

CHOISIR LES PRODUITS

La Commission Prévention Produits mis en œuvre (C2P) agit au sein de l'AQC avec trois objectifs clés :

- tenir compte des enseignements de la pathologie pour améliorer les produits et les textes qui régissent leur mise en œuvre ;
- éviter que de nouveaux produits ou textes ne soient à l'origine d'une sinistralité importante et répétée ;
- attirer l'attention des professionnels lors de leur choix technique sur les produits et/ou procédés, susceptibles de poser des problèmes.

Le champ traité par la C2P est vaste puisqu'il couvre le domaine traditionnel : normes et documents techniques unifiés (NF DTU), Règles professionnelles, et le domaine non traditionnel : Avis Techniques (ATec), Documents Techniques d'Application (DTA) ...

CONSTRUIRE AVEC LA QUALITÉ EN LIGNE DE MIRE

L'AQC développe des actions de prévention (publications techniques, Fiches pathologie bâtiment, articles dans la revue...) et accompagne les professionnels dans l'adoption de bonnes pratiques (démarches qualité, documents de sensibilisation).

La Commission Prévention Construction(CPC) s'est fixé comme objectif à sa création de :

- développer des actions sur les pathologies les plus coûteuses ou les plus nombreuses ;
- mobiliser les professionnels ;
- travailler sur les causes profondes de la non-qualité ;
- s'ouvrir aux règles et nouveaux systèmes constructifs susceptibles de générer des risques.

PRÉVENIR DÉSORDRES ET PATHOLOGIES

La revue Qualité Construction, le site internet de l'AQC, le Rendez-vous Qualité Construction, la newsletter de l'AQC, la lettre Veille Pathologie destinée aux experts et aux contrôleurs techniques, les journées destinées aux formateurs, la présence active sur des salons comme BATIMAT, sont l'illustration dynamique de la volonté permanente de communication de l'AQC avec son environnement.

DANS LA MÊME COLLECTION

Retrouvez nos publications sur :

www.qualiteconstruction.com/nos-ressources



ISOLATION DES COMBLES PERDUS PAR SOUFFLAGE - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE

Ce Rapport REX a été réalisé en partenariat avec le Pôle énergie Franche-Comté. Il présente 12 enseignements pour sensibiliser et accompagner les professionnels aux bonnes pratiques pour obtenir une performance à la hauteur des enjeux énergétiques.



VÉGÉTALISATION DU BÂTI EXISTANT - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE

Ce rapport, élaboré en partenariat avec Ekopolis, a pour objectif d'accompagner les acteurs de la construction vers des opérations de végétalisation pérennes, conservant l'intégrité et la durabilité du bâtiment.



-  CONSTRUCTION MODULAIRE TRIDIMENSIONNELLE - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE
-  INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE ET D'EAU CHAUDE SANITAIRE - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE
-  DU BON USAGE DU BIM - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE
-  LA VENTILATION NATURELLE À LA RÉUNION - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE
-  AMÉLIORATION DE LA PERFORMANCE THERMIQUE DU BÂTI ANCIEN - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE
-  LA CONSTRUCTION BOIS - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE
-  BÂTIMENTS ÉQUIPÉS DE SYSTÈMES DE PILOTAGE - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE
-  LES MENUISERIES EXTÉRIEURES - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE
-  HUMIDITÉ DANS LA CONSTRUCTION - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE
-  AMBIANCE LUMINEUSE - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE
-  PRÉVENTION ET REMÉDIATION DU RISQUE RADON - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE
-  LES MATÉRIAUX BIO-SOURCÉS - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE
-  LA RÉHABILITATION EN GUYANE - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE
-  CONFORT D'ÉTÉ ET RÉDUCTION DES SURCHAUFFES - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE

réalisé avec le soutien financier de :

